

ской техники.

Проведены расчеты, подтверждающие соответствие амплитудно-временных параметров импульсов тока заданным техническим требованиям.

Представленные материалы будут использованы в разработках коммерческих проектов.

**Список литературы:** 1. SAE ARP 5412/ED – 84 Нормативный документ «Рекомендуемая практика авиационно-космических работ. Идеализированные составляющие внешнего тока». США, 1985 г. 2. SAE ARP 5416/ED – 84 Нормативный документ «Рекомендуемая практика авиационно-космических работ. Условия воздействия молнии на летательные аппараты и соответствующие формы испытательных сигналов». США, 1997 г. 3. MIL – STD – 464. Нормативный документ Министерства обороны. «Стандарт для поверхности. Влияние электромагнитной обстановки. Требования к системам». США, 1997 г. 4. KT-160D Квалификационные требования «Условия эксплуатации и окружающей среды для бортового авиационного оборудования. Требования нормы и методы испытаний. Раздел 22.0 Восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией». 5. Патент РФ 2110885 Устройство для имитации токов молнии.

*Поступила в редколлегию 10.11.2009.*

УДК 629.735.05

**И.И.ОБОД**, докт.техн.наук, профессор, НТУ «ХПИ»;

**Х.САЙЕД АХМАД**, студент, НТУ «ХПИ»;

**Р.БУТА НАНА**, студент, НТУ «ХПИ»

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТЕЙ РАДИОДОСТУПА ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОМЕХ

Наведено переваги мереж радіодоступу щодо передачі інформації та класифікація методів підвищення пропускної здатності мереж радіодоступу при дії завад. Приведено дослідження багатоканального (по частоті) методу підвищення пропускної здатності мереж радіодоступу. Результати розрахунку пропускної спроможності мережі з двома частотними каналами показали збільшення максимальної пропускної спроможності мережі більш ніж вдвоє.

Lead dignities of radioaccess networks for passing to information and methods classification of radioaccess network bandwidth increase is pointed at the noise action. Research over of multichannel (on frequency) method of radioaccess network bandwidth increase is brought. The results of calculation of network bandwidth with two frequency channels showed multiplying the maximal network bandwidth more them twice.

**Постановка проблемы и анализ литературы.** В последние годы сети радиодоступа (СРД) становятся одним из основных направлений развития сетевой индустрии [1-3]. Бурное развитие сетей этого класса во всем мире, о котором многие говорят как о беспроводной революции в области сетей передачи информации, объясняется наличием целого ряда присущих им достоинств. К ним относятся:

- гибкость архитектуры сети, когда обеспечивается возможность динамического изменения топологии сети при подключении, передвижении и отключении мобильных пользователей без значительных потерь времени;
- высокая скорость передачи информации;
- быстрота проектирования и реализации, что критично при жестких требованиях к времени построения сети;
- высокая степень защиты от несанкционированного доступа;
- отказ от дорогостоящей прокладки или аренды оптоволоконного или медного кабеля.

В настоящее время СРД обеспечивают эффективное решение следующих задач:

- обеспечение мобильного беспроводного доступа к ресурсам Internet;
- организация беспроводной радиосвязи между рабочими станциями локальной сети (организация беспроводного доступа к ресурсам локальной сети);
- объединение удаленных локальных вычислительных сетей и рабочих станций в единую сеть передачи данных и реализация удаленного стационарного доступа локальных сетей пользователей к Internet;
- решение проблемы «последней мили»;
- соединение АТС между собой беспроводными каналами;
- создание территориальных сотовых радиомодемных сетей передачи данных.

Указанные достоинства беспроводных технологий в значительной мере определяются тем, что в основе СРД лежит технология широкополосного или шумоподобного сигнала (ШПС).

**Цель работы.** Оценка возможностей повышения пропускной способности сетей радиодоступа.

**Основной раздел.** Суммарная пропускная способность СРД зависит от количества используемых частотных присвоений, способа распределения частотно-территориального ресурса, возможностей повторного использования частотных каналов, условий распространения радиоволн, помеховой обстановки и других, уже перечисленных выше, факторов:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{N_b} \sum_{j=1}^{N_c} C_{ij} \left( N_k, \mathbf{\dot{P}}_{dost}, \mathbf{\dot{P}}_{dypl}, K_{povt} \right), \quad (1)$$

где  $N_b$  – количество базовых станций в сети;  $N_c$  – количество секторов на одну базовую станцию;  $N_k$  – число каналов на одну базовую станцию (сектор);  $C_{ij}$  – пропускная способность на один сектор;  $\mathbf{\dot{P}}_{dost}$  – вектор параметров протокола доступа к каналам;  $\mathbf{\dot{P}}_{dypl}$  – вектор параметров дуплексного разделения ка-

налов;  $K_{повт}$  – коэффициент повторного использования частот.

В каждом конкретном случае сети РД расчет пропускной способности (1) требует учета топологии сети, особенностей рельефа местности, типа застройки, особенностей распространения радиоволн, энергетических соотношений сигналов и помех, расположения абонентов и т.д.

Исходя из вышеизложенного, можно предложить следующую классификацию возможных методов повышения пропускной способности сетей радиодоступа:

- оптимизации пропускной способности системы радиодоступа;
- оптимизации количества базовых станций в сети;
- оптимизации количества секторов на одну базовую станцию;
- оптимизации числа каналов на одну базовую станцию (сектор);
- оптимизации пропускной способности на один сектор;
- оптимизации вектора параметров протокола доступа к каналам;
- оптимизации вектора параметров дуплексного разделения каналов;
- оптимизации коэффициента повторного использования частот;
- многоканальная работа в сети.

Остановимся более подробно на возможности повышения пропускной способности СРД на основе многоканальной работы, для чего проведем оценку максимальной производительности mesh-сети заданной топологии при оптимальной маршрутизации.

Пусть интенсивность нисходящего трафика для каждого из конечных устройств пропорциональна скорости генерации данных этим устройством:  $\lambda_{down} = k \lambda_{np}$ . Тогда пропускная способность восходящего трафика  $C_{np} = N \lambda_{np}$ , пропускная способность нисходящего трафика сети  $C_{np} = N \lambda_{down} = kN \lambda_{np}$  и общая пропускная способность  $C = (k + 1)N \lambda_{np}$ , где  $N$  – число конечных устройств. Базовая станция каждого кластера  $i$  сама является передающей, и если  $C_{down}^{(i)}$  – обеспечиваемая для нее пропускная способность, то  $\lambda_{down} = C_{down}^{(i)} / N_i$ , где  $N_i$  – число конечных устройств, трафик которых проходит через данный кластер, то есть  $N_i = \sum_j m_{ij}$ , где  $m_i$  – число конечных устройств, трафик кото-

рых проходит через данный терминал. Пусть  $P_{down}$  – вероятность начала  $j$  передачи базовой станцией данного кластера (далее номера кластеров для удобства записи опущены). Тогда:

- слот является пустым с длительностью  $\sigma$  с вероятностью

$$P_e = (1 - P_{down}) \prod_j (1 - P_{nj});$$

- в нем ведется успешная передача терминалом  $j$  и базовой станцией соответственно с вероятностями

$$P_{sj} = P_{nj} (1 - P_{down}) \prod_{v \neq j} (1 - P_{nv}) \quad (2)$$

и

$$P_{sdown} = P_{down} \prod_j (1 - P_{nj});$$

- или происходит коллизия с вероятностью

$$P_c = 1 - P_e \sum_j P_{sj} - P_{sdown}.$$

Следовательно,

$$C_j = 8 \frac{P_{sj} n_p}{T_{slot}}; \quad C_{down} = 8 \frac{P_{sdown} n_p}{T_{slot}}, \quad (3)$$

$$\text{где } T_{slot} = P_e \sigma + (T_d + SIFS + t_{ask} + DIFS) \left( \sum_j P_{sj} + P_{down} \right) + P_c (T_d + EIFS), \quad n_p$$

– размер пакета в байтах,  $SIFS$ ,  $DIFS$ ,  $EIFS$  – межкадровые промежутки, определяемые протоколом обмена,  $T_d$  и  $t_{ask}$  – времена передачи кадра данных и кадра подтверждения.

Рассмотрим случай, когда в насыщении работает некоторый терминал  $j^*$ . Вероятность  $P_{j^*}$ , начала передачи этим терминалом определяется как

$$P_{j^*} = 1(1 - P_{down}) \prod_{j \neq j^*} (1 - P_{nj}). \quad (4)$$

Вероятности начала передачи другими терминалами находятся как

$$P_{nj} = \frac{1}{1 + \frac{m_j}{m_{j^*}} \frac{1 - P_{nj^*}}{P_{nj^*}}}, \quad (5)$$

а для базовой станции, учитывая, что  $C_{down}/N = kC_j/m_j$ , как:

$$P_{down} = \frac{1}{1 + \frac{m_{j^*}}{kN} \frac{1 - P_{nj^*}}{P_{nj^*}}}.$$

Таким образом, учитывая (5), (4) преобразуется к виду:

$$P_{j^*} = 1 - \left[ \left( 1 + \frac{kN}{m_{j^*}} \frac{P_{nj^*}}{1 - P_{nj^*}} \right) \times \left( \prod_{j \neq j^*} \frac{m_j}{m_{j^*}} \frac{P_{nj^*}}{1 - P_{nj^*}} + 1 \right) \right]. \quad (6)$$

На основании вышеизложенного получаем вероятность  $P_{down}$ , подставив которую в (3) для пропускной способности, получим искомые интенсивности нисходящего и восходящего трафика.

Если базовая станция работает в режиме насыщения, то для соответствующих вероятностей получим: вероятность начала передачи базовой станцией

$$\tau_{down} = \frac{2(1 - 2P_{down})}{(1 - 2P_{down})(W + 1) + P_{down}W(1 - 2P_{down})^r}, \quad (7)$$

где

$$P_{down} = 1 - \prod_j (1 - P_{nj})$$

– вероятность того, что передача базовой станцией оказалась неудачна.

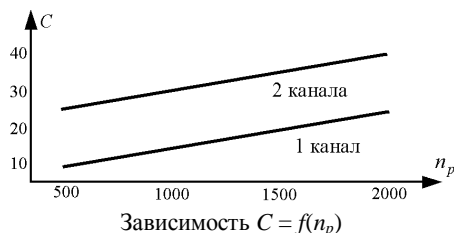
Вероятности начала передачи терминалами определяются,  $C_{down}/N_i = kC_j/m_j$ , следующим выражением:

$$P_{nj} = \frac{1}{1 + \frac{kN}{m_j} \frac{1 - P_{down}}{P_{down}}},$$

то есть (15) преобразуется к виду

$$P_{j^*} = 1 - 1 / \prod_j \left( \frac{m_j}{kN} \frac{P_{down}}{1 - P_{down}} + 1 \right). \quad (8)$$

Найдя  $T_{down}$  и  $P_{down}$  из системы уравнений (6) и (8), с помощью формул (3) получим искомые интенсивности трафика.



Результаты расчета пропускной способности сети с одним и двумя частотными каналами в зависимости от длины передаваемого пакета представлены на рисунке.

Представленные расчеты показали увеличение пропускной способности сети более чем вдвое.

**Выводы.** Таким образом, приведена классификация возможных методов повышения пропускной способности СРД и проведено исследование пропускной способности многоканальной СРД.

**Список литературы.** 1. Романов А.И. Телекоммуникационные сети и управление / Романов А.И. – К.: Изд. пол. центр «Киевский университет», 2003. – 247 с. 2. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа / Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 384 с. 3. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи. Издание второе, исправленное и дополнено / Шахнович И. В. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с. 4. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети / Столлингс В. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 640 с.

Поступила в редколлегию 20.10.09

УДК 629.735.05

**И.И.ОБОД**, докт.техн.наук, профессор, НТУ «ХПИ»;  
**Ю.САЛАХ АЛЬДИН**, студент, НТУ «ХПИ»

## АДАПТИВНЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СИСТЕМ РАДИОДОСТУПА ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОМЕХ

Наведено класифікацію адаптивних методів підвищення пропускної спроможності систем радіо доступу при дії завад. Приведено розрахунки впливу завад у каналі передачі даних на швидкість передачі і оптимізацію довжини пакету даних. Показано, що для оптимізації швидкості передачі даних необхідно використовувати адаптивний підхід управління MAC рівня, що передбачує оцінку середі передачі та динамічну зміну параметрів MAC рівня.

Adaptive methods classification of increase capacity of radio access systems is resulted at the noise action. The calculations of noise influencing are resulted in a data channel on speed of transmission and optimization of information package length. It is shown that for optimization of data rate it is necessary to take adaptive approach of the MAC level management which foresees the estimation of transmission environment and MAC level parameters dynamic change.

**Постановка проблемы и анализ литературы.** Создание информационной сети обслуживания пользователей невозможно без реализации надежной сети обмена данными [1]. В настоящее время беспроводные сети [2] передачи данных приобретают все большую популярность. Значительная часть исследований по улучшению работы беспроводных локальных сетей посвящена адаптивной настройке [3,4]. Адаптивная настройка позволяет устройству оптимизировать свои параметры в зависимости от характеристик среды. Это означает, что устройство само изменяет свои параметры, выбирая наиболее подходящий узел доступа, минимизирует влияние помех, оптимизирует работу беспроводной локальной сети и улучшает условия работы пользователей.

**Цель работы.** Исследование адаптивных методов повышения скорости передачи данных в системах радиодоступа (СРД) при действии помех.

**Основной раздел.** Известно [2], что пропускная способность канала связи  $C_k$  зависит от вида и параметров модуляции сигнала, вероятностей ошибок в радиоканале, способа кодирования, характеристик радиоканала, то есть является функцией от перечисленных параметров и характеристик:

$$C_k = f(\vec{V}_m, \vec{V}_{kod}, \vec{V}_{kan}, P_e), \quad (1)$$

$\vec{V}_m$  – вектор параметров модуляции, включающий описание вида модуляции, значение скорости модуляции  $V_m$  и др.;  $\vec{V}_{kod}$  – вектор параметров способов кодирования;  $\vec{V}_{kan}$  – вектор параметров радиоканала,  $P_e$  – вероятность ошибки на бит информации.

Изменение одного отдельно взятого параметра – обычно не лучший способ адаптации беспроводного устройства к постоянным изменениям сложной окружающей среды. По сути, адаптивный алгоритм управления MAC-уровнем пытается найти набор параметров, который обеспечил бы оптимальную общую пропускную способность беспроводного устройства.

Исходя из вышеизложенного, можно предложить следующую классифи-